



UMA ABORDAGEM COMPUTACIONAL PARA PROJETO DE PEÇAS BASEADO EM FUNÇÕES PARA PROJETO PRELIMINAR DE PRODUTO

João Carlos Linhares

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Dept^o. Eng. Mec. - Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica - Bl. A - Sala 13 - Campus Universitário - CEP 88040-900 - Trindade - Caixa Postal 476 - Florianópolis - SC - Brasil - (+55) 48 331.9899 - R. 47 - linhares@grante.ufsc.br

Altamir Dias

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Dept^o. Eng. Mec. - Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica - Bl. A - Sala 15 - Campus Universitário - CEP 88040-900 - Trindade - Caixa Postal 476 - Florianópolis - SC - Brasil - (+55) 48 331.9264 - R. 40 - altamir@emc.ufsc.br

Resumo. *Esse artigo propõe o desenvolvimento de um sistema computacional auxiliar, integrado ao CAD para o projeto de peças na fase preliminar de projeto de produto. É na fase de projeto preliminar que ocorre a concretização das formas geométricas de peças e produtos a partir de suas funcionalidades previamente definidas. As funções que cada peça deve realizar estão relacionadas a diferentes formas geométricas, mas vão se materializando de acordo com as descrições das intenções do projetista. Este texto descreve uma interface computacional para auxiliar o projetista nas atividades referentes à definição geométrica de peças. As atividades consistem em transformar estruturas funcionais de peças e produtos em formas geométricas. Isto significa processar a linguagem natural do projetista, associada ao tratamento da estrutura funcional, e transformá-la em formas geométricas que possam ser descritas por features paramétricas num Sistema CAD.*

Palavras-chaves: *Projeto de peças, Processamento de linguagem, Projeto orientado a objetos.*

1. INTRODUÇÃO

Os produtos industriais são compostos por peças, que podem ser tratadas de maneira isolada ou compondo um conjunto mecânico. Peças têm funcionalidades específicas, que são definidas por estruturas funcionais individuais no projeto conceitual e assumem suas formas geométricas no projeto preliminar de produto. Na passagem da fase de projeto conceitual para a fase de projeto preliminar, o projetista precisa definir os valores globais das características de projeto específicas de cada peça. Também, o processamento destas características se propaga em configurações geométricas para submontagens, montagens e produto. Assim sendo, os parâmetros geométricos de cada peça devem resultar das definições das funções que estas devem realizar.

A tarefa de projetar peças está intimamente ligada à linguagem natural e ao conhecimento acumulado usado pelo projetista. Aí, ele precisa transformar suas verbalizações em linguagem técnica de projeto com significados para a descrição das formas geométricas das peças. Ao buscar assimilar esta prática aparecem algumas questões do tipo: Existe influência da linguagem natural usada pelo projetista na escolha de formas geométrica da peça? Ou, sua linguagem pode ser mapeada em uma linguagem técnica? E posteriormente, haverá uma codificação que resulte em significados na escolha de elementos que compõe a peça numa biblioteca de *features*? Nesta direção, este trabalho apresenta uma abordagem computacional para ajudar a elaboração de projetos de peças mecânicas na fase de projeto preliminar de produto, buscando auxílio na teoria lingüística de processamento de linguagem natural.

É entendido que existe um fluxo natural de transformação de informação da linguagem natural do projetista até a obtenção da forma geométrica. A concretização da peça é dada pela materialização das intenções de projeto dos projetistas, os quais lidam com um conjunto de semânticas associadas ao conhecimento acumulado e ao conhecimento associado à atividade de projetar. Intenções de projeto estão relacionadas aos conceitos semânticos que precisam ser transformados em sintaxes e daí, podem receber um tratamento por meio de regras de processamento lingüístico. Portanto, as sintaxes que melhor codifiquem as intenções de projeto tornam-se um caminho para converter descrições de funções de peças de um produto em sua subsequente realização física.

Assim, o fluxo de linguagem usada na atividade de projeto pode ser dividido em três elementos: linguagem natural do projetista (*LN*), linguagem técnica de projeto (*LP*) e linguagem técnica simbólica (*LS*), como mostrado na Fig. (1). As duas primeiras estão diretamente ligadas a verbalização usada pelo projetista na sua atividade de projetar, restritas ao domínio de aplicação, enquanto que a última está associada à forma de armazenamento da informação verbalizada. Por exemplo, entende-se que o padrão de representação gráfica de desenhos de peças em papel é uma forma de linguagem simbólica, através da qual se concretiza a comunicação entre projetistas e demais atores do meio produtivo.

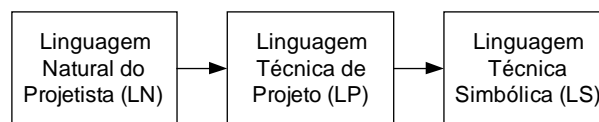


Figura 1. Fluxo de processamento das linguagens usadas por projetistas mecânicos.

Para desenvolver ferramentas computacionais de projeto na passagem da fase conceitual para a fase preliminar do processo de projeto de produto deve ser levado em conta o fluxo de linguagens acima descrito. O que significa a necessidade do estabelecimento de critérios e metodologias para lidar com as informações inerentes a essas fases. O resultado será a consecução de uma gramática própria. Tal gramática deve ser implementada, inicialmente, com base em domínios de aplicação específicos. Seu conteúdo precisa ser fundamentado em observações diárias sobre as atividades dos projetistas, incluindo as tarefas do processo de projeto e suas interações.

Para estabelecer uma gramática própria é preciso notar que os projetistas são normalmente qualificados hierarquicamente com base em suas experiências práticas, graduações, especialidades e conhecimentos gerais. Uma classificação típica dos projetistas é dada como: Junior, Pleno, Sênior e Especialista. Cada qual costuma utilizar um conjunto específico de palavras para expressar suas intenções durante o projeto. Uma linguagem técnica apenas deve absorver as terminologias utilizadas nas linguagens ligadas a todos os contextos de aplicação de projeto de sistemas mecânicos, lembrando sempre que cada domínio de aplicação possui seus termos característicos.

O processamento das linguagens envolvidas no processo de projeto pode ser usado para obter as formas geométricas das peças que realizem suas funções necessárias na composição do produto e posteriormente, dos comportamentos em suas interfaces. Assim, é proposto que a linguagem seja filtrada para ser transformada na configuração geométrica mais adequada à função da peça. Isso pode ser feito a partir do desdobramento das especificações de projeto de produto (formada pelos requisitos e correspondentes restrições de projeto do produto) em especificações funcionais e não funcionais para chegar mais rápido às especificações de projeto das partes que o compõem.

Também, implica em achar uma descrição simbólica de projeto, similar ao que é feito com as convenções usadas em desenhos, que contenha a semântica e a sintaxe das intenções de projeto, e que aliadas ao desdobramento das especificações de projeto de produto, resultem em formas geométricas para realizar as funções a elas associadas.

2. ESTADO DA ARTE DA PESQUISA

Existem várias pesquisas envolvendo o contexto do processamento lingüístico aplicado ao projeto de produtos industriais. Prabhu et al (2001), tem usado técnicas de processamento de linguagem natural (*PLN*) no processamento de chamadas textuais e na interpretação de informações relacionadas a funções de peças e *features*. O reconhecimento da informação é representado por meio do paradigma da orientação a objetos (*OO*). Isso torna possível a ligação das atividades pertencentes ao processamento *CAD/CAM* (*Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing* ou projeto auxiliado por computador e manufatura auxiliada por computador) do ciclo de vida do produto.

Fernández & Serrano's (2000) reforçam que qualquer sistema de entendimento de linguagem natural tem como objetivo genérico traduzir a fonte de representação numa representação final que será integrada a outros sistemas com funcionalidades especiais. O desenvolvimento desses sistemas deve considerar aspectos como: Que características o sistema deve organizar? Que tipos de textos ou sentenças o sistema processará? Quais as funcionalidades requeridas? Que sistema de conhecimento executará suas funcionalidades? Todas estas questões devem ser respondidas ao longo do ciclo de vida de um sistema *PLN* (análise, projeto e implementação) e seu estudo.

Berztiss (1997) desenvolveu um conjunto de diretrizes para se escrever os requisitos da linguagem natural para sistemas de informação. As diretrizes são propostas para reduzir a ambigüidade. O autor apresenta uma biblioteca de padrões para suportar rapidamente a construção de novos sistemas de informação. Também definiu um processo de desenvolvimento para sistemas de informação baseado nessa biblioteca. Ele ainda sugere que padrões têm sido definidos em ambas linguagens natural e formal por razões específicas de compreensibilidade e exatidão.

Carballo & Strzalkowski (2000) apresentam detalhamentos de um sistema de recuperação de informações que consiste de um módulo de *PLN* avançado e de um núcleo estatístico puro. Enquanto muitos problemas permanecem sendo resolvidos, incluindo a questão da representação baseada em termos de documentos escritos, eles tentam demonstrar que sua arquitetura é, apesar de tudo, viável. Em particular, eles têm demonstrado que atualmente, o processamento de linguagem natural pode ser feito corretamente em grande escala e que sua velocidade e robustez tem melhorado, enquanto for aplicado na resolução de problemas de recuperação de informações reais.

Bouzeghoub (1997) ressalta a importância de se estimular o uso da linguagem natural para especificação e como linguagem de consulta para bancos de dados. A integração de bancos de dados e linguagem natural tem sido por um longo tempo um tópico marginal para o qual apenas algumas pesquisas têm sido realizadas. Tal como na gramática da linguagem, a busca de formas geométricas para peças pode ser guiada por uma estrutura gramatical adequada baseada nas funções necessárias às peças que descrevem a estrutura funcional do produto.

Sistemas que incluem tecnologia *PLN* têm conhecimento complexo, interdisciplinar e heterogêneo, com vários níveis de descrições lingüísticas e não-lingüísticas. Além disso a incerteza e a variabilidade do conhecimento deve ser manipulada. Tais características requerem uma conceitualização disponível capaz de interagir com ambos, especialistas em lingüística, em computação e em projeto de sistemas mecânicos. Aqui foram relacionados alguns dos trabalhos científicos que ajudaram a dar a base para a presente pesquisa.

3. CONTEXTO DA PESQUISA E CONCEITOS ENVOLVIDOS

A conclusão da fase de projeto conceitual do produto é caracterizada pela definição da estrutura de princípios de solução que atendem à estrutura funcional do produto. Por outro lado, o início da fase de projeto preliminar é caracterizado pela busca de formas geométricas que aos poucos vão sendo encorpadas e materializadas em peças, submontagens, montagens e no produto. A transição entre essas fases não está suficientemente sistematizada nem seus constituintes definidos adequadamente. Assim, esse estudo busca, inicialmente, trabalhar os conceitos necessários para organizar a interface entre o final da fase conceitual do produto e o projeto preliminar de peças e produto. Isso significa definir seus constituintes, introduzir os conceitos pertinentes a este contexto

e, sistematizar os operadores computacionais envolvidos. Olhando para as duas fases do projeto, se encontra-se as definições funcionais e conceituais do produto, módulos realizáveis (*MR*) e peças na fase de projeto conceitual, ao passo que as definições preliminares de peças, montagens e produto, estão melhor definidas na fase de projeto preliminar.

O conceito de módulo realizável (*MR*) desenvolvido ao final do projeto conceitual define de certa forma a estrutura funcional de cada submontagem e/ou montagem do produto na fase de projeto preliminar. Isso indica também as principais características funcionais que cada uma de suas peças devem realizar. Módulos realizáveis (*MR*) são o resultado de definições funcionais e conceituais das partes do produto. Eles são formados pela composição de um ou mais princípios de solução que realizam as funções elementares da estrutura funcional do produto. Os conceitos funcionais aplicados ao projeto de peças devem ser derivados das informações sobre os módulos realizáveis em que uma peça é entendida como um objeto real ou abstrato que forma uma unidade funcional em si e/ou em conjunto com outros objetos.

As definições e estruturas funcionais, usadas na concepção do produto são agora repetidas para os módulos realizáveis e peças. A sistematização da repetição de procedimentos é realizada na busca de estruturas compatíveis com a representação e o modelamento das montagens e das peças do produto. Essas estruturas estão ligadas à especificação de projeto do produto que apresenta como principais componentes os requisitos de projeto (*RQ*) e as restrições de projeto de produto (*RT*).

Normalmente, as informações que compõem uma especificação de projeto de produto estão aglutinadas, não havendo uma subdivisão clara entre informações funcionais e não funcionais. Essas informações podem ser adequadamente separadas, formando grupos distintos, um primeiro com as especificações funcionais e o segundo com as especificações não funcionais, relacionadas com os requisitos e restrições de custos, manufatura, uso, manutenção, descarte, etc. Esta subdivisão vem sendo definida desde a fase de projeto informacional, mas é utilizada com maior ênfase na fase de projeto preliminar onde são mais claramente definidos os elementos necessários ao posterior encorpamento das peças e montagens do produto.

Para o produto, as informações funcionais estão descritas na estrutura funcional e sua correspondente estrutura de princípios de solução. O mesmo ocorre para a definição dos módulos realizáveis e peças. Na fase de projeto conceitual é necessário definir sua estrutura funcional, as regiões funcionais e seus princípios de soluções. Tais elementos também precisam ser definidos para as peças. Já na fase de projeto preliminar, estas estruturas se transformam em montagens e peças, onde precisam ser definidas as estruturas preliminares, *features* paramétrica de forma, suas interfaces e a definição dos grupos geométricos, como mostra a Tab. (1). No entanto, a ordem de definição é inversa, ou seja, na fase conceitual se definem os operadores para os módulos realizáveis e depois para as peças. Na fase de projeto preliminar se trabalha com as peças primeiramente e depois com as montagens, como representado pelas setas.

Tabela 1 - Operadores de projeto da transição do projeto conceitual para o projeto preliminar.

Projeto Conceitual		Projeto Preliminar	
Módulo Realizável (<i>MR</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura funcional do <i>MR</i> (<i>EFm</i>) - <i>FGm, FPM's, FEm's</i>; Região funcional do <i>MR</i> (<i>RFm</i>); Princípios de solução do <i>MR</i> (<i>PSm</i>). 	Montagem	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura preliminar de <i>MR</i> (<i>PRm</i>) = $\Sigma PRp's$; Interfaces entre peças (<i>Ipp</i>); Interfaces de entrada e de saída da montagem (<i>Imm</i>); Grupo geométrico da montagem (<i>Ggm</i>) ou <i>Layout</i> da montagem (<i>LYm</i>).
Peça	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura funcional da peça (<i>EFp</i>) - <i>FGp, FPP's, FEp's</i>; Região funcional da peça (<i>RFp</i>); Princípio de solução da peça (<i>PSp</i>). 	Peça	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura preliminar de peça (<i>PRp</i>): <i>feature</i> de forma (geométrica) paramétrica (<i>fgp</i>); Interfaces entre <i>features</i> de forma paramétricas (<i>Iff</i>); Interfaces de entrada e de saída da peça (<i>Ipp</i>); Grupo geométr. da peça (<i>Ggp</i>) ou <i>Layout</i> da peça (<i>LYp</i>).

A especificação de projeto de produto é tida como a principal diretriz na análise funcional que define a estrutura funcional do produto. Igualmente, ela é a diretriz básica na definição das estruturas funcionais, regiões funcionais e princípios de solução dos módulos realizáveis e peças.

Na fase de projeto preliminar, a especificação de projeto das peças e das montagens é elaborada a partir das semânticas embutidas nas intenções e descrições dos projetistas. Daí, é refinada pela associação com as formas geométricas paramétricas das peças e das montagens e se concretiza em conjuntos de alternativas de solução preliminar para o produto. Os componentes da coluna da fase preliminar, listados na Tab. (1), formam um conjunto de definições que vão direcionar o projetista na busca das formas geométricas para a realização das funções do produto, por meio de suas montagens e peças. Na especificação preliminar do produto estão embutidos os requisitos e as restrições de projetos na forma de estruturas funcionais, como discutidas anteriormente.

A estrutura funcional de *MR* (*EFm*), por exemplo, é um conjunto de definições baseado em necessidades funcionais cujas realizações são definidas na estrutura de princípios de solução do produto. Ela é formada pela função global de *MR* (*FGm*), função parcial de *MR* (*FPm*) e função elementar de *MR* (*FEm*). Já, as regiões funcionais do *MR* (*RFm*), são as propostas de possíveis espaços a serem ocupados pelas configurações geométricas de seus princípios de solução.

A estrutura funcional da peça (*EFp*) é um conjunto de necessidades funcionais definidas nas descrições da função global da peça (*FGp*), funções parciais da peça (*FPp*) e funções elementares da peça (*FEp*), Linhares (2000). São funções organizadas, da mesma forma como se definiu para o produto, numa estrutura hierárquica, incluindo seus inter relacionamentos.

O espaço físico necessário à peça, que satisfaz sua estrutura funcional, é definido como região funcional da peça (*RFp*). Tais espaços serão ocupados por princípios de solução de peça (*Psp*), que se transformarão em *features* de formas (geométricas) paramétricas (*fgp*).

Os conceitos de interfaces inseridos no projeto de *montagens* e peças, abrangem tanto os contatos físicos como as transições de grandezas entre os componentes da interface e, ainda, os comportamentos esperados pelo projetista por ação dessas grandezas, intencionadas nas descrições das funções. Assim, as interfaces entre peças devem conter não apenas informações sobre as funcionalidades necessárias às peças, mas também sobre o(s) comportamento(s) resultante(s) do fluxo de grandezas envolvidas.

Para efeito desse trabalho, apenas o aspecto de contato físico entre peças, submontagens e montagens, será considerado. Os relacionamentos que abrangem os comportamentos resultantes dos fluxos de grandezas são escopo de um trabalho posterior. Aqui, são considerados elementos geométricos, as interfaces entre *features* de forma paramétricas (*Iff*) e consideradas elementos físicos, as interfaces de entrada e de saída de peças (*Ipp*) e de montagens (*Imm*).

Os conceitos de grupo geométrico de peça (*Ggp*) e de grupo geométrico de montagem (*Ggm*), se referem, respectivamente, aos *layouts* ocupados pelas *features* paramétrica de forma (geométricas) (*fgp*) que realizam uma dada função na peça e aos *layouts* ocupados por peças que realizam uma dada função na correspondente montagem.

Das definições anteriores, as estruturas funcionais dos módulos realizáveis (*EFm*) e das peças (*EFp*) são determinantes na fase de projeto preliminar no auxílio ao projetista para a obtenção das formas geométricas das peças e montagens. Todavia, no projeto preliminar, as funcionalidades das peças podem ser realizadas por algumas dezenas ou mais de configurações geométricas. Isso implica que, a escolha da forma geométrica da peça para executar as funções estabelecidas no projeto conceitual seja tipicamente muito difícil. Isso é caracterizado pelas várias limitações restritivas ditadas na especificação de projeto do produto para a completa realização da estrutura funcional do produto. Por último, para encontrar as formas geométricas finais, as especificações finais das peças e montagens do produto demandam por mais informações do que os Sistemas *CAD* atuais podem fornecer.

4. A TRANSIÇÃO DE FUNÇÃO DE PEÇA PARA FORMA GEOMÉTRICA

As estruturas discutidas no item anterior relacionam conjuntos de características necessárias para definição de peças e suas respectivas montagens. Ainda, repercutem nas demais fases do ciclo de vida do produto e devem atender às necessidades do usuário sinalizadas inicialmente no projeto informacional. Tais estruturas são sumarizadas na Fig. (2), que relaciona dois espaços de projeto. O

primeiro é definido como espaço funcional e o segundo como espaço geométrico, que se relacionam através de um operador *zéta* (ζ). Isso significa que existe um conjunto de funções no espaço funcional que tem um correspondente conjunto de formas geométricas no espaço geométrico. As formas geométricas podem ser um conjunto de geometrias disponíveis de representação sólida, ou ainda um conjunto de *features* de projeto. Assim, o operador funcional *zéta* (ζ) deve transformar funções de peças em formas geométricas disponíveis, considerando as especificações funcionais e as especificações não funcionais, tais como custos, manufatura, uso, manutenção, descarte, etc.

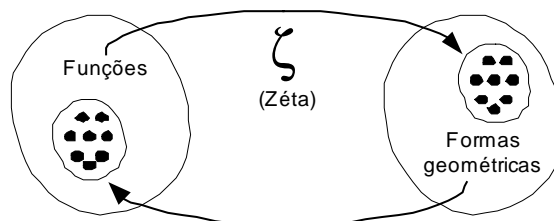


Figura 2. Representações dos domínios funcional e geométrico e seu operador *zéta* (ζ).

O operador funcional *zéta* (ζ) não deve ser unívoco, pois o campo de geometria pode satisfazer outros tipos de funções no campo funcional. Existe um entendimento de que essa abordagem pode ser ampliada a um conjunto mais complexo de funções e peças, mas isso não será feito durante a presente pesquisa. Aqui é pretendido achar um operador que possa traduzir necessidades funcionais em formas geométricas.

O desenvolvimento de métodos que caracterizem o operador *zéta* (ζ) implica na aquisição de conhecimento e de tecnologias que levem em conta a prática de projeto. Isto implica que existem formas de realizar essa conversão em termos dos constituintes e das variáveis antes especificadas, que são integrantes da transição da fase de projeto conceitual para a fase de projeto preliminar.

5. UMA PROPOSTA PARA RESOLVER O PROBLEMA

A atividade de projeto vem sendo grandemente ajudada pelo uso de sistemas computacionais, os quais por sua vez deveriam considerar fatores inerentes à intuição e à criatividade do projetista em suas ferramentas de projeto. Num primeiro plano, o projetista está interessado que as estruturas funcionais tenham como solução, a materialização das peças, montagens e, finalmente o produto. Estas por sua vez precisam ser desdobradas em módulos realizáveis e peças, associadas às ferramentas computacionais disponíveis, para que ele/ela chegue mais facilmente a uma solução para o projeto do produto.

Para chegar às estruturas físicas que realizem as funções sistematizadas, o projetista deve considerar os dois grupos de informações. No primeiro grupo estão as informações funcionais. Estas direcionam o projetista na escolha das formas geométricas das peças do produto, usando um modelador geométrico. Ou seja, vai buscar as várias formas que serão capazes de realizar uma dada função de peça que ao final, apenas uma é a mais adequada. E desta maneira, o projetista deve decidir sobre qual forma geométrica adotar. Para a tomada de decisão, é necessário o processamento dos atributos ligados a cada forma geométrica e suas associatividades com os atributos da especificação não funcional do produto, que formam o segundo grupo de informações.

Os requisitos e as restrições não funcionais devem estar suficientemente definidos para essa tomada de decisão. Leva-se em conta que as várias formas geométricas disponíveis estejam definidas numa biblioteca de *features* paramétrica. *Features* ou conjunto de *features* devem comprovadamente realizar uma dada função para a peça.

Como foi mostrado na secção 4, este problema envolve achar um operador *zéta* (ζ) que associe definições funcionais à forma geométrica. Existem certamente várias alternativas para determinar este operador. Aqui neste trabalho é proposto o uso do processamento lingüístico das intenções do projetista, considerando sua experiência em projeto, e encapsulando a sua maneira de se expressar na atividade de projetar. Num lado, tem-se a captura da forma de definir as funcionalidades

necessárias aos componentes do projeto. Estas definições são baseadas na forma de expressão do projetista, nas suas intenções e na experiência profissional da área em que ele está projetando. No outro lado, está a maneira com que se faz a escolha da forma geométrica mais adequadas. Isto implica em determinar os relacionamentos entre atributos de formas geométricas e atributos da especificação não funcional que podem ser mapeados em redes de conectividades modeladas computacionalmente. Geometrias são armazenadas em bases de dados e bibliotecas de entidades geométricas em Sistemas *CAD* que podem suprir o fornecimento e a criação de novas formas geométricas para a realização das funções descritas pelo projetista.

Ainda, a intenção de projetar é compor a especificação de projeto do produto com atributos funcionais e não funcionais de maneira que sua discretização possa ser utilizada no processo de projeto das partes do produto. Considerando que não existem padrões de especificações de projeto de produto, para realizar as operações de desdobramento funcional é preciso que sejam desenvolvidos métodos que permitam a conversão dos requisitos e restrições de projeto de produto em funcionais e não funcionais.

Os atributos das informações não funcionais deverão levar em conta questões relacionadas à manufatura, custos, uso, manutenção, descarte, etc. Eles podem compor uma base de conhecimento de projeto e, por meio de regras adequadamente definidas, realizar corretamente os confrontos com os atributos das formas geométricas definidas no Sistema *CAD*. As composições físicas dadas em termos de estruturas funcionais das montagens (*EFm*) são resultados do agrupamento de princípios de solução do produto (*PS*) dos módulos realizáveis. Aí, ma visão prévia dos relacionamentos entre funções deve ser definida. Para isso, também há a necessidade de que sejam considerados atributos essencialmente funcionais para uma perfeita visualização das regiões funcionais do *MR* ocupadas por seus princípios de solução.

Na busca de formas geométricas, as funções de projeto têm significados (semânticas) específicos em cada domínio de aplicação. Isso é associado às geometrias típicas que uma peça deve ter para realizar funções. Assim, a estrutura funcional da peça (*EFp*) deve revelar o contexto das sintaxes que a descreve por meio de algum significado geométrico para o processo de projeto, dando às formas geométricas da peça a conotação funcional que a deve caracterizar no produto.

No projeto preliminar as definições das estruturas preliminares das peças (*PRp*) dependem do conhecimento e da experiência do projetista, estabelecendo aí, um processo cognitivo típico. Projetistas trabalham com semânticas para dar significado às definições funcionais das peças transformando-as em soluções baseadas em configurações geométricas. Assim, Sistemas *CAD* deveriam incluir uma interface computacional para processar dados de entrada no domínio funcional e criar formas geométricas por meio do operador funcional *zéta* (ζ), no domínio geométrico, como mostrado na Fig. (2).

Um módulo de processamento de entrada (módulo funcional) dever ser responsável pelo processamento das informações funcionais. Nesse módulo, as funções de peça são definidas e representadas pelo projetista de acordo com as informações provenientes da fase de projeto conceitual do produto. Um processador de linguagem natural (*PLN*), identificada pela linguagem do projetista, deve ser alimentado pelas definições das funções, baseado na sintaxe funcional da peça. Essa representação requer a definição descritiva/sintática de cada função da peça. A forma por meio da qual o projetista irá interagir com o módulo funcional dependerá do tipo de processamento de linguagem natural a ser desenvolvido. Isso pode ser feito pelo uso de uma gramática que defina ambas, linguagem técnica de projeto mecânico ligada a contexto (*LP*) e linguagem simbólica (*LS*), para associar função às formas com significado de projeto para recuperar as geometrias necessárias para a peça.

5.1. Componentes do processamento lingüístico computacional

Nesta subseção são apresentados os diversos componentes necessários para processar linguagem natural do projetista de forma a achar um operador *zéta* (ζ) que leve função à forma. Os inter-relacionamentos entre os vários sub módulos de processamento necessários para produzir e

recuperar as informações e dados a partir das semânticas em linguagem natural do projetista (*LN*), são mostrados na Fig. (3). A partir da interpretação do projetista acerca de qual será a configuração da montagem correspondente ao módulo realizável, as intenções do projetista serão traduzidas nas funções da estrutura funcional da peça. Ele inicia pela função de maior nível (função global da peça - *FGp*) e, gradativamente, vai descendo aos níveis subseqüentes, até o nível de funções elementares de peça (último nível hierárquico da estrutura funcional da peça).

A Figura (3) descreve uma forma seqüencial procurando capturar as ações de projetar. Para processar a linguagem natural do projetista (*LN*), este digita sua intenção de projeto pelo uso da interface com o usuário ①.

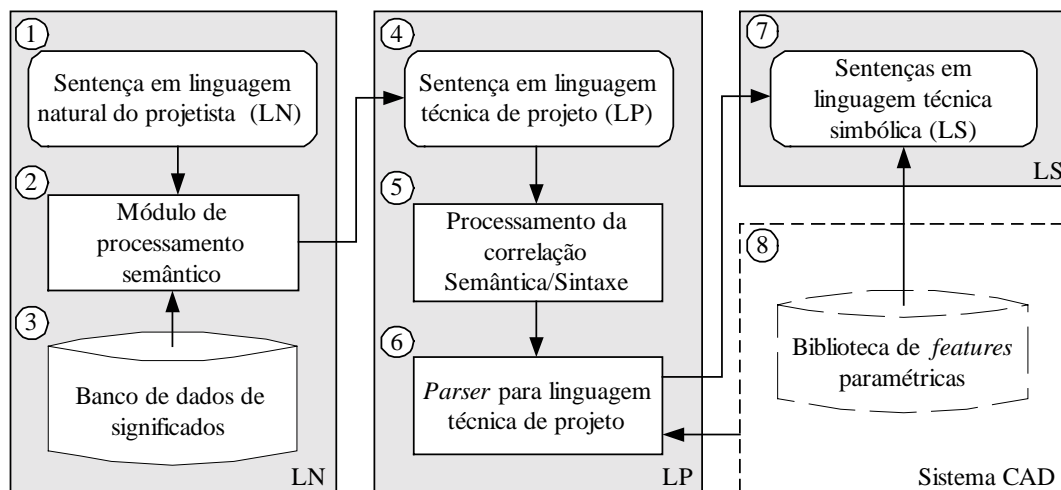


Figura 3. Representação do fluxo de informações no processador de linguagem natural.

A partir da informação digitada, o módulo de processamento semântico ② atribui um significado técnico para a intenção do projetista auxiliado por um banco de dados de significados semânticos ligado a contexto de aplicação, representado por ③. O resultado é uma nova frase ou sentença que será a entrada do processador de linguagem técnica de projeto (*LP*) mostrado na interface com o usuário ④. A sentença em *LP* é trabalhada no módulo de processamento ⑤. Esse módulo executará a correlação entre a semântica (significado) apresentada nessa sentença e a sintaxe que expressará as possíveis funções de peça ligadas às intenções do projetista.

Tais correlações envolvem o processamento da sentença em linguagem técnica de projeto que será executada por um analisador gramatical (*parser*) representado por ⑥. A função intencionada pelo projetista é traduzida numa linguagem simbólica e mostrada na interface ⑦. Isso é agora inter-relacionado com as *features* paramétricas capturadas num Sistema *CAD*.

O caminho para armazenar as intenções do projetista é encontrar os atributos para cada expressão (semântica) declarada no contexto da linguagem natural e seus significados. A dualidade de interpretação das expressões, deve ser prevista e armazenada no banco de dados.

O banco de dados ③ deve suportar o trabalho com informações de forma estruturada, estabelecendo relacionamentos entre as sentenças digitadas pelo projetista (expressões descritas que definem as intenções do projetista) e o significado dessas sentenças (significados intencionados pelo projetista). O grande desafio desse processamento é responder à pergunta: "Que tipo de estrutura de análise, análise de profundidade ou linhas léxicas permite a captura das intenções do projetista de sistemas mecânicos?" A idéia central é determinar uma "sub classificação e regras de seleção" de morfemas e suas transformações, para caracterizar a análise estrutural da seqüência que pode ser aplicada. É necessário definir qual transformação determina trocas de semânticas estruturadas da sentença para construção de linhas sintáticas no estabelecimento de relacionamentos para o domínio do objeto de estudo contemplado.

A correlação entre a semântica e os componentes gramaticais convencionais (verbos, substantivos, conjunções, preposições, etc.) são realizadas a partir de um banco de dados de

componentes gramaticais (*BDCG*) associado. As definições dos componentes gramaticais são sustentadas pelos relacionamentos lógicos com o significado, cujos componentes são posicionados numa estrutura básica de frases funcionais durante a descrição da função da peça. Isso pode ser feito por meio de um método específico para essa definição baseado, por exemplo, em regras heurísticas fundamentadas no contexto de projeto a partir de consultas ao conhecimento de especialistas no domínio de projeto.

5.2. Banco de dados de componentes gramaticais

Bancos de dados podem ser estruturados para a classificação de diferentes tipos e classificações de verbos, substantivos e outros componentes gramaticais. O banco de dados de componentes gramaticais (*BDCG*) é composto por uma taxonomia de palavras no processamento da linguagem. Ele é executado no sistema computacional com os componentes gramaticais necessários que compõem as sentenças ou frases funcionais.

Elementos gramaticais e sentenças funcionais obedecem à ordem estabelecida pela linguagem específica. Numa linguagem formal, eles são compostos por inter-relacionamentos bem definidos entre os componentes gramaticais da linguagem tais como verbos, substantivos, conjunções, pronomes, preposições, artigos, numerais, advérbios e interjeições. A linguagem restrita às sentenças com significado de projeto obedecem a regras específicas, cuja abrangência caracteriza o domínio de aplicação.

5.3. Simulando uma aplicação

Usando um exemplo corrente da prática, a escolha da opção de descrição para a função da peça "*transmitir torque*", pode trazer ao projetista todas as geometrias disponíveis que estejam relacionadas a essa descrição. Um refinamento dessa descrição, tal como, "*transmitir torque e rotação por engrenamento*" sustenta a intenção de que é necessário executar rotação com transmissão de torque por engrenagens. Uma das opções pode ser "*Transmitir torque e rotação com engrenamento reto cilíndrico*"⁽¹⁾

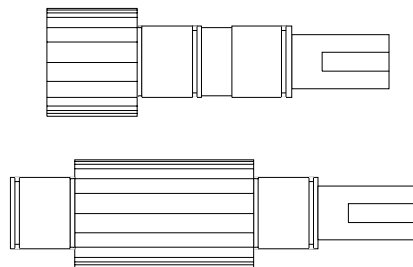


Figura 4. Formas geométricas típicas para realizar a função⁽¹⁾ anteriormente mencionada.

Nesse caso, duas das possíveis alternativas de formas geométricas compostas de *features* de forma paramétrica, que podem ser apresentadas ao projetista são mostradas na Fig. (4). No caso de montagens as soluções envolvidas podem resultar em várias opções. Para peças, os mecanismos de escolha se tornam mais complexos a fim de definir com clareza a melhor opção.

6. CONSIDERAÇÕES

Atualmente, o projeto simultâneo já integra "*on-line*", vários departamentos de uma mesma companhia, estejam eles ou não num mesmo parque industrial. Essa tendência culminará obviamente na elaboração do projeto através da expressão baseada essencialmente na "*escrita*" (digitação), sendo realizado por meio de mecanismos de processamento de sentenças e na "*fala*", pelo processamento da "*voz*".

Independente do caminho que o projetista mecânico usa para expressar uma necessidade funcional, o significado associado às suas intenções pode ser absorvido pelo processamento de seu *modo natural de se expressar* ou *linguagem natural de projetistas (LN)*.

Então, há a necessidade de uma metodologia computacionalmente implementada para ajudar o projetista executar suas tarefas de projeto. Ele deve considerar as interações entre as intenções relacionadas às peças e sua correspondente linguagem técnica de projeto. Isso é usado para avaliar o projeto final baseado nas formas geométricas escolhidas para satisfazer à realização da função.

A continuidade dessa pesquisa prevê o desenvolvimento de um sistema computacional para suportar o processamento da linguagem aqui proposto que possa disponibilizar ao projetista as formas geométricas capazes de realizar as funções desejadas para as peças. Essa pesquisa considera que, com o crescimento da comunicação realizada via *Internet*, os processamentos da "escrita" e da "fala" se destacarão como formas de expressão globalizadas. A previsão dessa tendência terá sua repercussão nas áreas de engenharia e ainda na área de projeto de produtos industriais. Ela, seguramente, irá incrementar valor de mercado e qualidade ao produto e promoverá a prática da competição sadia entre o processamento de projeto e produto.

7. REFERÊNCIAS

- Bertziss, A. T., 1997, "Natural-language-based of information system", *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 23, pp. 47-57;
- Bouzeghoub, M., 1997, "Natural Language for Databases", *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 21, pp. 109-110;
- Carballo, J. P.- & Strzalkowski, T., 2000, "Natural language information retrieval: progress report, *Information Processing and Management*", Vol. 36, pp. 155-178;
- Fernández, P. M. & Serrano, A. M. G., 2000, "The role of knowledge-based technology in language applications development", *Expert Systems with Applications*, Vol. 19, pp. 31-44;
- Linhares, J.C., 2000, "Modelamento de Dados para o Desenvolvimento e Representação de Peças - Estudo de Casos", *Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Prabhu, B. S, Biswas, S. & Pande, S. S., 2001, "Intelligent system for extraction of product data from CADD models", *Computers in Industry*, Vol. 44, pp. 79-95;

A COMPUTATIONAL APPROACH FOR FUNCTION-BASED PART DESIGN APPLIED TO PRODUCT PRELIMINARY DESIGN

João Carlos Linhares

Federal University of Santa Catarina (UFSC) - Mechanical Engineering Dept., Lab. of CAD/CAM and Mechanical Systems Design - Building A, 1o Floor, Room 13 - Technological Center (CTC)
CP: 476 - ZIP: 88040-900 - Trindade - Florianópolis - SC - Brazil - E-mail: linhares@grante.ufsc.br

Altamir Dias

Federal University of Santa Catarina (UFSC) - Mechanical Engineering Dept., Lab. of CAD/CAM and Mechanical Systems Design - Building A, 1o Floor, Room 15 - Technological Center (CTC)
CP: 476 - ZIP: 88040-900 - Trindade - Florianópolis - SC - Brazil - E-mail: altamir@emc.ufsc.br

Abstract. *This paper proposes the development of a computational integrated system for part design in the preliminary phase context. In the preliminary design relationship among functionality defined in previous phases are taking embodiment. There, each mechanical part functions has be realized in order to have a raw vision about its geometry and shapes, as well as its integration with others in the design. Parts are materialized together with a descriptive designer's intention, in such way that each mechanical part of the system will perform desired functions previously defined. The text describes an integrated computational interface to help designer to realize his/her activities. It*

is composed by three processing modules that are composed by functional data input, a processing center of design information and geometric modules where parts get theirs shapes.

Keywords. *Mechanical part design, Language processing, Object-Oriented Mechanical Design.*